

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-313029

(43)Date of publication of application : 26.11.1993

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

G02B 6/28

G02B 26/08

(21)Application number : 04-120214

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 13.05.1992

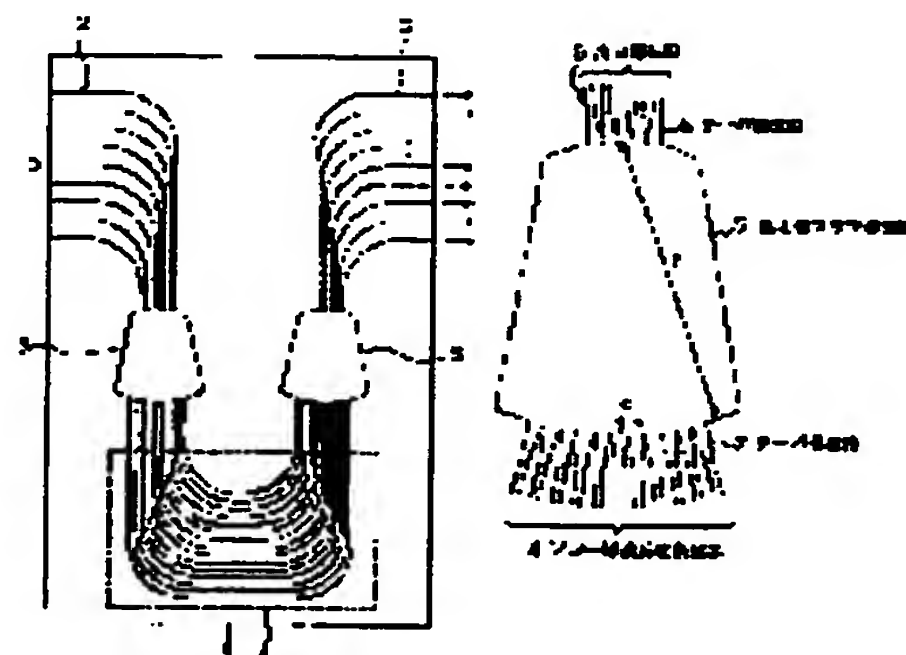
(72)Inventor : TAKAHASHI HIROSHI  
HIBINO YOSHINORI  
KOMINATO TOSHIMI  
HIDA YASUHIRO  
JINGUJI KANAME  
SUZUKI SENTA  
INOUE YASUYUKI

## (54) LIGHT WAVE COMBINING/SPLITTING INSTRUMENT

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide a light wave combining/splitting instrument for more practical wavelength divided multiplex light communication in an enlarged passing wavelength range.

CONSTITUTION: One or plural input waveguides 2, a first concave type slab waveguide 3, an array waveguide diffraction grating 4 formed of plural channel waveguides of different length, a second concave type slab waveguide 5, and one or plural output waveguides 6 are connected in regular sequence on a silicon base 1 to prepare an array waveguide diffraction grating type light wave combining/splitting instrument. In the light wave combining/splitting instrument of such constitution, a tapered waveguide is further provided at a connection part between the output waveguide 6 and the second concave slab waveguide 5.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.08.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3139571

[Date of registration]

15.12.2000

④ [Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-313029

(43)公開日 平成5年(1993)11月26日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/12	F	7036-2K		
6/28	Q	7820-2K		
26/08	F	9226-2K		

審査請求 未請求 請求項の数 1(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平4-120214

(22)出願日 平成4年(1992)5月13日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 ▲高▼橋 浩

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 日比野 善典

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 小湊 俊海

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 秋田 取喜

最終頁に続く

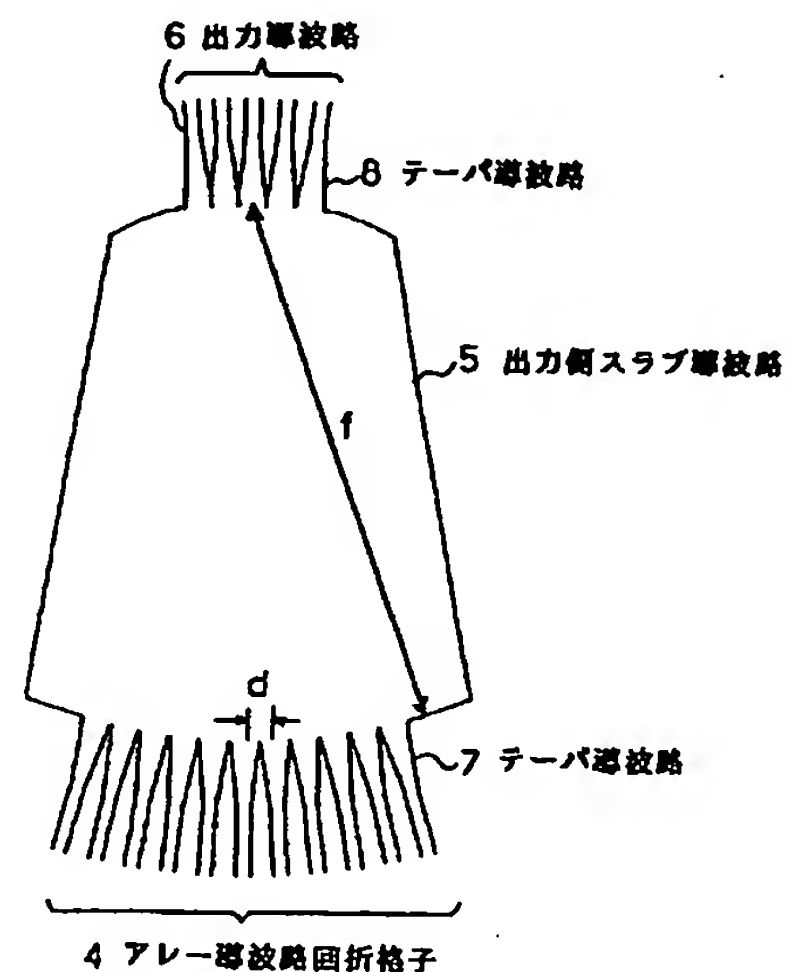
(54)【発明の名称】 光合分波器

## (57)【要約】

【目的】 通過波長範囲を広げ、より実用的な波長分割多重光通信用の光合分波器を得る。

【構成】 1つあるいは複数の入力導波路2と、第1の凹面型スラブ導波路3と、長さの異なる複数のチャンネル導波路からなるアレー導波路回折格子4と、第2の凹面型スラブ導波路5と、1つあるいは複数の出力導波路6が順次接続された形状でシリコン基板1上に作製されるアレー導波路回折格子型光合分波器において、該出力導波路6と第2の凹面スラブ導波路5との接続部にテーパ形状を有する導波路が設けられている。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 1つあるいは複数の入力導波路と、第1の凹面型スラブ導波路と、長さの異なる複数のチャンネル導波路からなるアレー導波路回折格子と、第2の凹面型スラブ導波路と、1つあるいは複数の出力導波路が順次接続された形状で基板上に作製されるアレー導波路回折格子型光合分波器において、該出力導波路と第2の凹面スラブ導波路との接続部にテーパ形状を有する導波路が設けられていることを特徴とする光合分波器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、複数の信号光を合成・分波できる光合分波器に関し、特に、波長分割多重光通信に用いられるアレー導波路回折格子型光合分波器の通過波長範囲の拡大手段に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、波長分割多重伝送システムにおいて、多重度を増やし伝送量を飛躍的に増大させようとする試みがなされている。その実現には、波長間隔が1ナノメートル程度、あるいはそれ以下の複数の信号光を光合成及び光分波（以下、光合分波と称す）できる光合分波器が必要である。しかし、従来の回折格子を用いた光合分波器では、利用できる回折次数に制限があり十分な分散が得られないことから、波長間隔を1ナノメートル以下にすることができなかった。

【0003】 前記の問題を解決する有力な方法として、アレー導波路回折格子を用いる方法が知られている（'Arrayed-waveguide grating for wavelength division multi/demultiplexer with nanometer resolution'; Electronics Letters, vol.26, pp.87-88, 1990. および特願平1-65588を参照のこと）。図3は、アレー導波路回折格子を用いた光合分波器の概略構成を示す模式図である。図3において、1はシリコン基板、2は入力導波路、3は入力側スラブ導波路、4はチャンネル導波路からなるアレー導波路回折格子、5は出力側スラブ導波路、6は出力導波路である。

【0004】 前記入力導波路2には、送信側の光ファイバが接続された波長多重光が導入される。前記入力側スラブ導波路3において、回折効果により広がった光は、アレー導波路回折格子4を構成する複数のチャンネル導波路内に入り伝搬し出力側スラブ導波路5に達する。

【0005】 前記出力側スラブ導波路5は、図4に示すように、出力導波路付近を曲率中心とする扇型であり、アレー導波路回折格子4からの光は、その曲率中心付近に集光される。ところが、アレー導波路回折格子4を構成する個々のチャンネル導波路の長さが異なるため、チャンネル導波路を伝搬後の個々の光の位相にずれが生じ集束光の波面は傾いている。また、位相ずれ量は波長に依存するので、集光する位置は波長により異なり、波長別に異なった出力導波路から信号光が取り出される。

【0006】 アレー導波路回折格子4の特徴は、その波長分解能がアレー導波路回折格子4を構成するチャンネル導波路の長さの差（以降 $\Delta L$ と称する）に比例することである。すなわち、 $\Delta L$ を大きく設計することにより、従来の回折格子では実現できなかった波長間隔の狭い多重光の光合分波が可能となる。

【0007】 図5は、波長多重間隔1nm、多重数13の光合分波器の特性を波長1.55 $\mu$ m付近で測定した結果である。各出力導波路の通過波長が1nmずつ異なり、良好な光合分波特性が得られている。

【0008】 また、前記光合分波器では、光合分波器に必要な入出力系、集光系、回折格子などすべての機能が光導波回路を用いて一括して基板上に作製できるので、レンズや回折格子を組み立てるバルク型と比較して、量産性、特性の安定性、低価格などの点においても有利である。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前記従来型のアレー導波路回折格子型光合分波器においては、通過波長範囲が狭いという問題があった。これは、光源の波長変動により光合分波器からの出力パワーが変動する広帯域の変調信号の波形が歪むといった問題の原因となる。

【0010】 本発明は、前記従来技術の問題点を解決するために成されたものであり、本発明の目的は、通過波長範囲を広げ、より実用的な波長分割多重光通信用の光合分波器を提供することにある。

【0011】 本発明の前記ならびにその他の目的及び新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかにする。

## 【0012】

【課題を解決するための手段】 前記目的を達成するために、本発明の光合分波器は、1つあるいは複数の入力導波路と、第1の凹面型スラブ導波路と、長さの異なる複数のチャンネル導波路からなるアレー導波路回折格子と、第2の凹面型スラブ導波路と、1つあるいは複数の出力導波路が順次接続された形状で基板上に作製されるアレー導波路回折格子型光合分波器において、該出力導波路と第2の凹面スラブ導波路との接続部にテーパ形状を有する導波路が設けられていることを最も主要な特徴とする。

【0013】 ここで、テーパ導波路の幅は、スラブ導波路から出力導波路に向かうに従い徐々に狭まり、幅減少率（テーパ）はモード変換損失が問題とならない程度の小さな値である。

## 【0014】

【作用】 前述の手段によれば、テーパ導波路を介して出力導波路と出力側スラブ導波路を接続すると、出力導波路内の集束光が出力導波路へ結合する効率の集束光位置に対する依存性が小さくなる。すなわち、トレランスカ



ーブがゆるやかになる。したがって、通過波長範囲を拡大することができる。ここで、重要なことは入力側スラブ導波路と入力導波路の間には、テーパ導波路が挿入されていないことであり、入力導波路の基本モードのスポットサイズとテーパを用いて広げられた出力導波路のスポットサイズの違いが本発明の作用を生み出しているのである。

【0015】

【実施例】以下、図面を参照して、本発明の一実施例を詳細に説明する。

【0016】本発明の一実施例のアレー導波路回折格子を基本とした波長分割多重光通信用の光合分波器の光導波回路の概略構成は、図3に示すアレー導波路回折格子用いた光合分波器の光導波回路において、13本の入力導波路2、入力側スラブ導波路3、81本のチャンネル導波路からなるアレー導波路回折格子4、出力側スラブ導波路5、13本の出力導波路6が順次接続された構成になっている。

【0017】前記光導波回路の設計にあたっては、光通信で用いられる波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯において、波長多重間隔 $1\text{nm}$ を得られるようにした。

【0018】図1は、本実施例の出力側スラブ導波路5付近の詳細図である。図1において、クロストークを防ぐため出力側スラブ導波路端における出力導波路6の間隔は $25\mu\text{m}$ とし、線分散は $25\mu\text{m}/\text{nm}$ である。また、アレー導波路を構成するチャンネル導波路間の光路長差 $\Delta L$ は $122\mu\text{m}$ である。アレー導波路回折格子4のピッチ（アレー導波路を構成するチャンネル導波路のスラブ導波路端における間隔） $d$ は $25\mu\text{m}$ 、スラブ導波路の曲率半径（焦点距離） $f$ は $7766\mu\text{m}$ である。アレー導波路回折格子4と出力側スラブ導波路5の接続部には、傾斜 $1/250$ のテーパ導波路7が設けられている。このテーパ導波路7の開口幅はピッチと一致して、出力側スラブ導波路5で回折により水平方向に広がった光を漏れなく受光し、損失を低減している。

【0019】前記出力導波路6と出力側スラブ導波路5との接続部にもテーパ導波路8が設けられているが、この目的は本発明の特徴である通過波長範囲を拡大することである。テーパ導波路8の開口幅は $25\mu\text{m}$ であり、 $1/250$ のテーパで徐々に細くなり最終的に出力導波路幅 $7\mu\text{m}$ となる。なお、入力側においては、入力導波路と入力側スラブ導波路の接続にはテーパ導波路が設けられていないが、その他の寸法や形状などは出力側と同様である。

【0020】本実施例の光合分波器を光分波器として使用する際には、波長多重された光が送られてくる送信側光ファイバが入力導波路の1つに接続され、出力導波路には複数の受信側ファイバが接続され、波長別に分波される。光合波器として使用するときには複数の送信側ファイバが入力導波路に接続され、合波された光は出力導

波路の1つに接続された受信側ファイバから得られる。この場合、入出力が入れ替わっただけであり、損失の波長依存性は光分波器として用いる場合と同様である。

【0021】次に、本実施例の光合分波器の特性評価においては、送信側ファイバを中央の入力導波路に接続し、損失を測定した。

【0022】図2は、本実施例と従来例の通過波長近傍の損失特性の測定結果を示す図であり、白丸は本実施例の出力導波路と出力側スラブ導波路の間にテーパ導波路を有する場合のもの、また、黒丸は比較のため測定した従来型の場合である。横軸は相対波長、縦軸は過剰損失で、従来型の通過波長の損失を基準値 $0\text{dB}$ とした。本実施例の場合、通過波長範囲は $0.6\text{nm}$ であり、従来型の $0.3\text{nm}$ の2倍の値が得られた。

【0023】なお、通過中心波長の損失が、従来型よりも $2\text{dB}$ 増加しているが、これは出力側スラブ導波路における集束光のスポットサイズと、開口幅 $25\mu\text{m}$ のテーパ導波路における基本モードのスポットサイズが一致していないためである。

【0024】この損失増加が問題となる場合には、送信側あるいは受信側にファイバアンプなどの増幅装置を接続し、損失を補償すれば良い。

【0025】なお、図2は、1つの出力導波路の損失特性の測定結果であるが、その他の12の出力導波路においても測定を行った結果、同様の通過波長範囲の拡大効果が得られた。

【0026】本実施例の光合分波器の作製にあたっては、シリコン基板上に火炎堆積法を用いて、まず石英ガラスのアンダークラッド膜を堆積し、次に、ゲルマニウムが添加された屈折率の高い石英ガラスのコア膜を堆積した。次に、フォトリソグラフィとドライエッチングを用いてコア膜の不要部分を削り、図3に示した導波路形状を作製した。最後に再び火炎堆積法を用いて石英ガラスのオーバークラッド膜を堆積した。導波路コア膜の屈折率はクラッド膜と比較して $0.75\%$ 高い。コアの断面形状は $7\mu\text{m}\times 7\mu\text{m}$ である。

【0027】また、本実施例においては、テーパ導波路の開口幅は出力導波路の間隔と一致する $25\mu\text{m}$ であったが、本発明は、この寸法に限定される必要はない。出力導波路の間隔より開口幅を小さくした場合には、本実施例よりは通過波長範囲拡大の効果は少なくはなるが、従来型よりは広い通過波長範囲が得られることは容易に予測することができる。

【0028】さらに、前記本実施例においては、導波路材料としてシリコン基板上に作製したGeドープの石英系ガラスを用いているが、本発明はこれに限定されるものではなく、①イオン交換法あるいはプロトン交換法で作製したガラス導波路、②ニオブ酸リチウム等の誘電体結晶導波路、③GaAs、InP等の半導体導波路、④PMMA等の有機材料系の導波路の場合にも適用でき

る。

【0029】以上の説明からわかるように、本実施例によれば、テーバ導波路7を介してアレー導波路回折格子4と出力側スラブ導波路5を接続し、出力側スラブ導波路5と出力導波路6を接続すると、出力側スラブ導波路5内の集束光が出力導波路6へ結合する効率の集束光位置に対する依存性が小さくなり、通過波長範囲を広げることができるので、送信側の光源の波長が変動した際の光合分波器からの出力変動を低減することができる。

【0030】また、通過波長範囲が広がるので広帯域の変調信号の波形劣下を防止することもできる。

【0031】これらにより、本発明の光合分波器は、波長分割多重（あるいは周波数分割多重）の光通信システムを構築する上で、非常に大きな利点を有している。

【0032】以上、本発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更し得ることはいうまでもない。

【0033】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明によれば、アレー導波路回折格子型光合分波器の出力導波路をテーバ形状を用いて広げることにより、出力導波路内の集束光が出力導波路へ結合する効率の集束光位置に対する依存性が小さくなり、通過波長範囲を広げることができるので、送信側の光源の波長が変動した際の光合分波

器からの出力変動を低減することができる。

【0034】また、通過波長範囲が広がるので広帯域の変調信号の波形劣下を防止することもできる。

【0035】これらにより、本発明の光合分波器は、波長分割多重（あるいは周波数分割多重）の光通信システムを構築する上で、非常に大きな利点を有している。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のアレー導波路回折格子型光合分波器の出力側スラブ導波路付近の詳細図。

【図2】 本発明の一実施例及び従来例のアレー導波路回折格子を用いた光合分波器の通過波長付近の損失と相対波長の関係の測定結果を示す図。

【図3】 本発明の一実施例及び従来型のアレー導波路回折格子を用いた光合分波器の導波回路の概略構成を示す模式図。

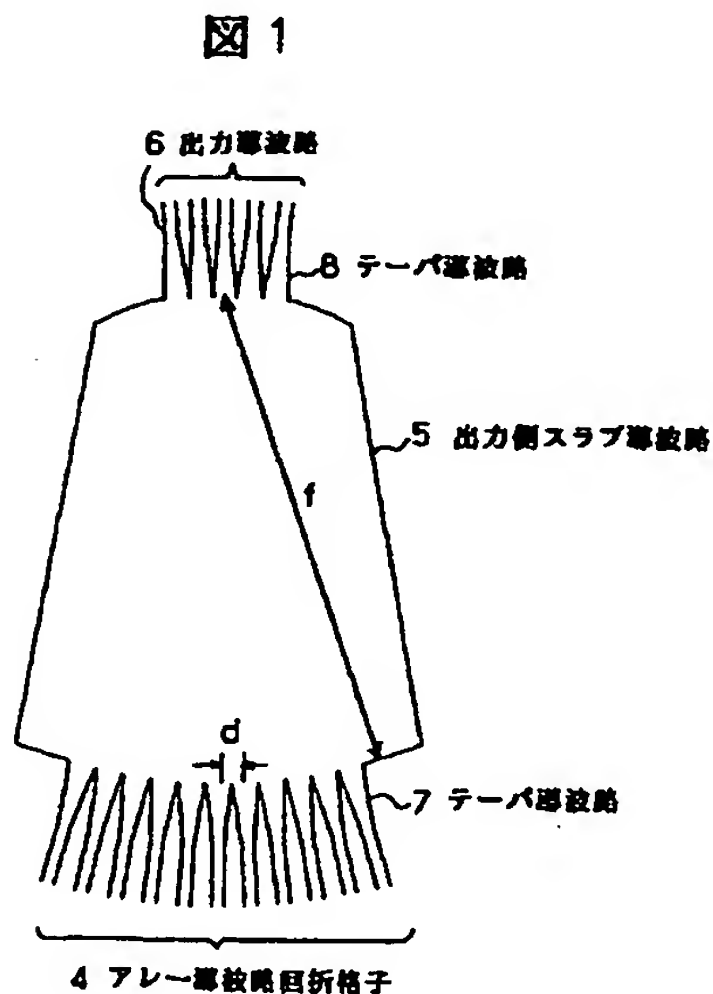
【図4】 従来型のアレー導波路回折格子型光合分波器の入力及び出力側スラブ導波路付近の詳細図。

【図5】 従来型のアレー導波路回折格子の損失の波長依存性測定結果を示す図。

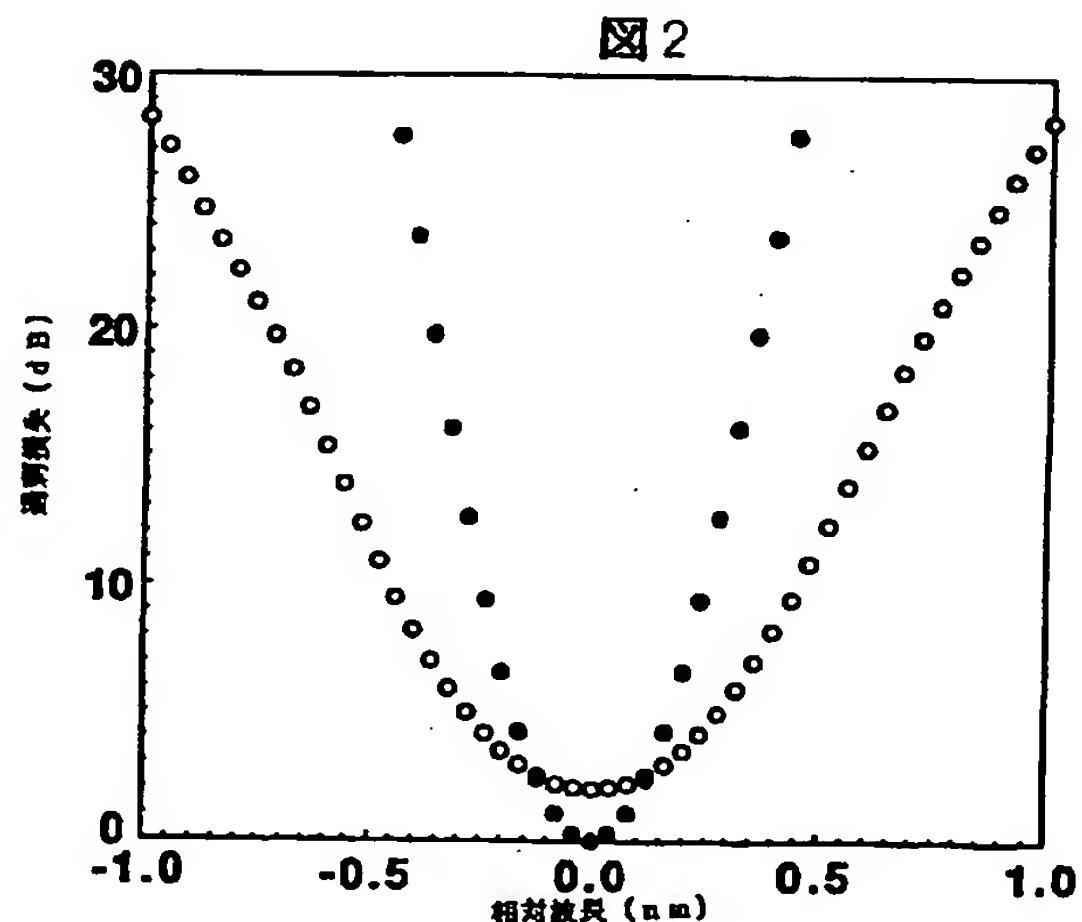
【符号の説明】

1…シリコン基板、2…入力導波路、3…入力側スラブ導波路、4…アレー導波路回折格子、5…出力側スラブ導波路、6…出力導波路、7…テーバ導波路、8…テーバ導波路。

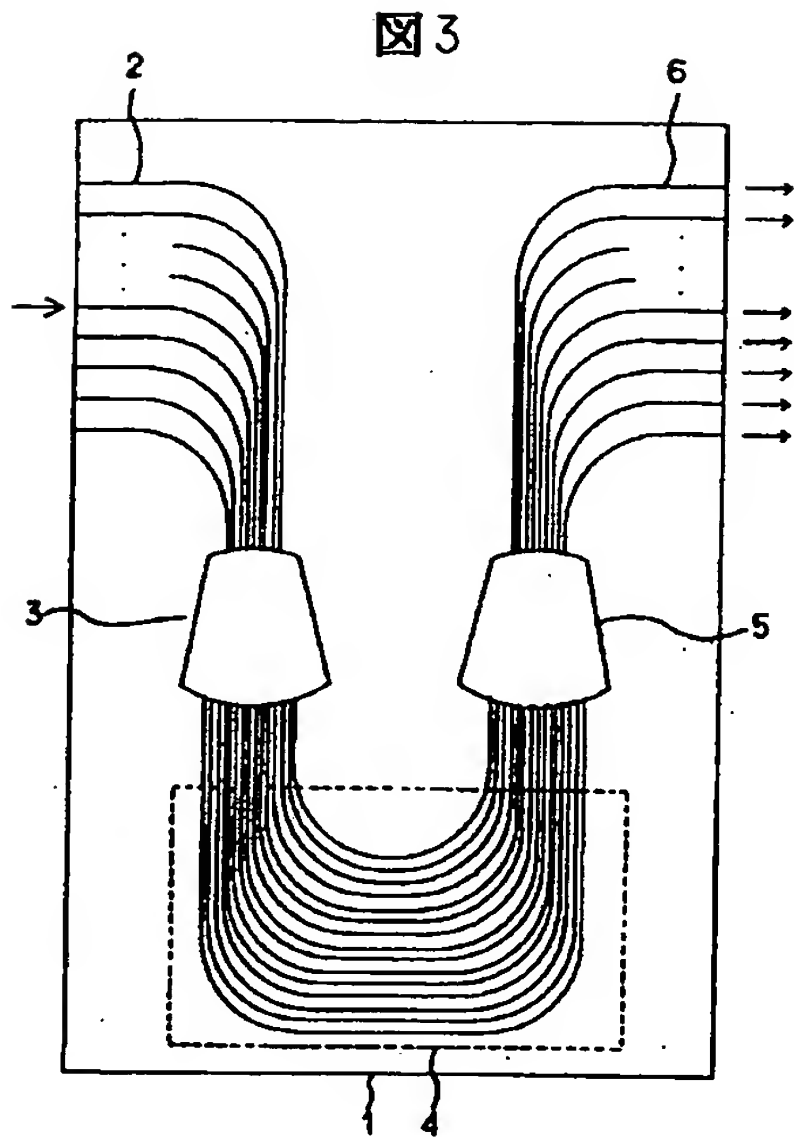
【図1】



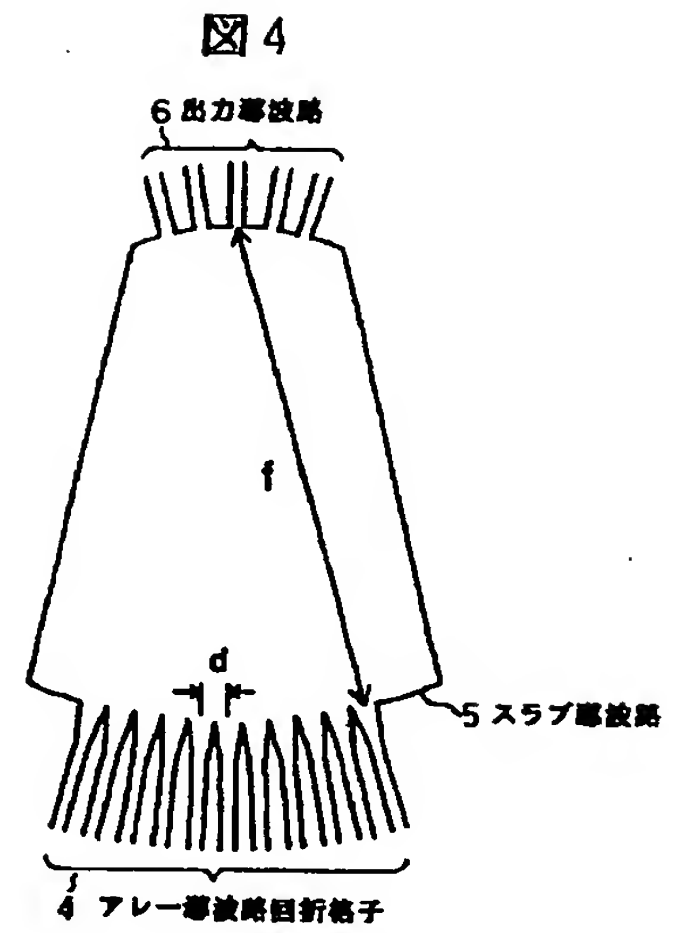
【図2】



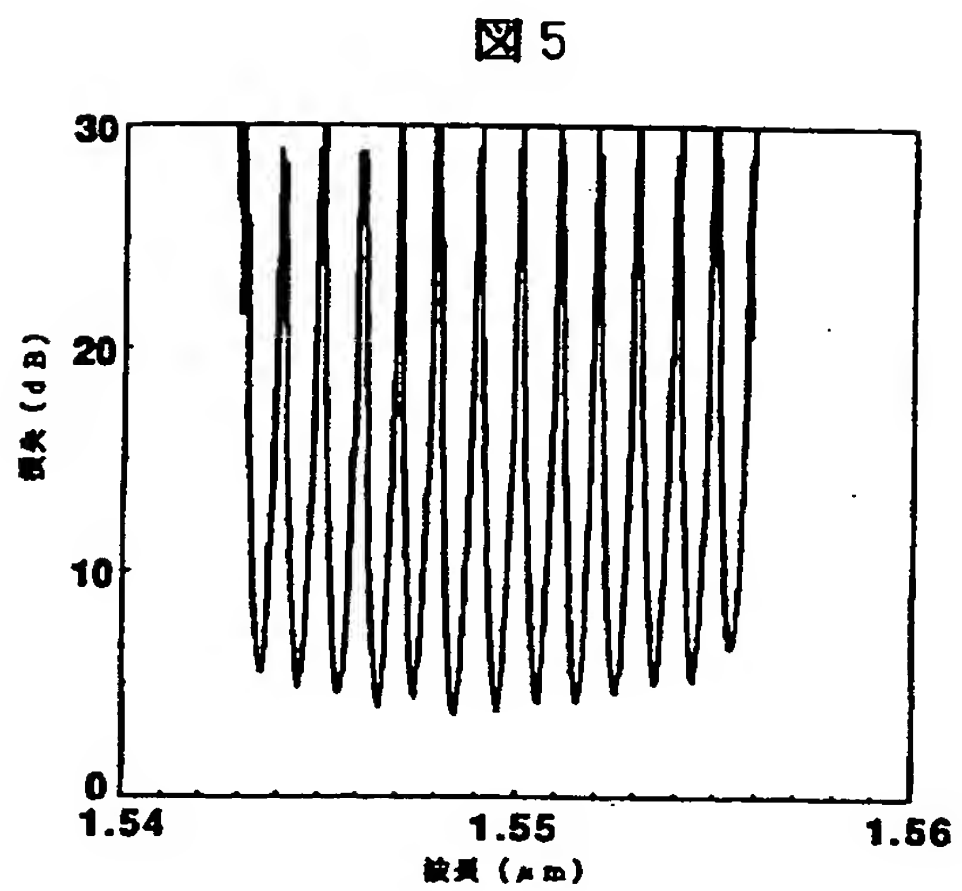
【図3】



【図4】



【図5】





## フロントページの続き

(72)発明者 肥田 安弘  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 神宮寺 要  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 鈴木 扇太  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 井上 靖之  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内